基于 Opto-DMD Processor 的光生毫米波装置研究及广电 5G 毫米波部署场景探讨

王涛 张健
（中广电广播电影电视设计研究院，北京 100045）

摘 要: 本文首先简要介绍了毫米波在频谱、产业链等方面的发展情况，然后提出一种基于 Opto-DMD 的新型光生毫米波装置，装置可生成 17.23GHz ~ 137.36GHz 频段的毫米波信号，同时对其核心器件 Opto-DMD 进行了简单介绍，接着对光生毫米波过程中涉及的关键过程进行理论分析，包括游标效应、四波混频和光学外差法等，最后分析了毫米波的优劣势，并提出广电 5G 毫米波部署场景建议。

关键词： 光生毫米波；5G；Opto-DMD；游标效应；四波混频；光学外差法　**中图分类号：** TN294.3　**文献标识码：** A
文章编号： 1671-0134（2021）07-149-05　**DOI：** 10.19483/j.cnki.11-4653/n.2021.07.046
本文著录格式： 王涛，张健 . 基于 Opto-DMD Processor 的光生毫米波装置研究及广电 5G 毫米波部署场景探讨 [J]. 中国传媒科技，2021（07）：149-153.

导语

截至2020年年底，我国已建成超过71.8万个5G基站，但普遍建在FR1频段（450MHz ~ 6GHz）和FR2频段（24.25GHz ~ 52.6 GHz）相比，虽然 FR1 频段具有覆盖优势，但其速率和容量远未达到理想 5G 的指标（如峰值速率达到 20Gbps、时延小于 1ms），拥有大量连续频谱资源的毫米波可以更好满足超高清视频、VR/AR、工业自动化、车联网、地铁、大型体育场馆和会议中心等 5G 应用需求。2019 年举行的世界无线电通信大会（WRC-19）对 5G 毫米波频谱使用达成共识（约 17GHz 频谱），具体包括 24.25GHz ~ 27.5GHz、37GHz ~ 43.5 GHz、45.5GHz ~ 47GHz、47.2GHz ~ 48.2GHz 和 66GHz ~ 71GHz，其中 45.5GHz ~ 47GHz 和 47.2GHz ~ 48.2GHz 只在部分国家和区域使用。

2017 年 7 月，工信部将毫米波频段 24.75GHz ~ 27.5GHz 和 37GHz ~ 42.5 GHz 作为我国 5G 试验频段。2020 年 3 月，工信部发布《关于推动 5G 加快发展的通知》，提到“适时发布部分 5G 毫米波频段频率使用规划，开展 5G 行业（含工业互联网）专用频率规划研究，适时实施技术试验频率许可”。目前在整个产业链的支持下，毫米波应用已经取得了积极的进展，但相对于 FR1 频段，毫米波产业链还不够完善，尤其是处于产业链下游的终端。和国外毫米波产业链相比，我国目前在核心元器件和芯片等方面还不完备，仍存在一定的差距。

本文提出一种基于光电微镜的新型光生毫米波装置，可以生成到 17.23GHz ~ 137.36GHz 的毫米波（其中可实际观测到 17.23GHz 和 27.47GHz 的毫米波），为 5G NR 所需的高频毫米波载波信号提供一种可选方案，并在微波光子、5G 前传和光纤传感领域具有应用潜力。

1. 光电数字微镜（Opto-DMD）

光电数字微镜（Opto-DMD，Opto-Digital Micromirror Device）是一种将数十万物理方形微型镜片集成在 CMOS 硅基片上的寻址空间半导体光开关，每个微型方形镜片代表一个像素，变换速率可以达到 1000 次 / 秒以上，通过控制其下方类似铰链作用的转动装置，将微镜片旋转到不同的方向（+12° 和 -12°），实现对每个像素的独立控制。

当有入射光照射到 Opto-DMD 表面时，根据实际需求，通过 CMOS RAM 的数字驱动信号对目标区域的微型镜片加载寻址电压，驱动其沿对角线方向独立转动，使对应像素的入射光发生衍射，实现滤波作用，即借助微镜装置反射需要的光，同时通过光吸收器吸收不需要的光来实现滤波。

本文所采用的 Opto-DMD 芯片尺寸为 0.55 英寸，由 1024×768 个方形微型镜片组成，每个镜片的尺寸为 10.8 μm ×10.8 μm。本文利用 Opto-DMD 的衍射效应作为波长滤波器，将其应用在 5G 毫米波发生实验装置中。

2. 5G 毫米波发生实验装置与原理

本文利用 Opto-DMD 的衍射效应作为滤波器，将其应用在 5G 毫米波发生实验装置，是整个实验装置的核心器件和创新点。

2.1 实验装置

图 1 是一种新型的 5G 毫米波发生实验装置，在这种实验结构中，Opto-DMD 和 1200m^{-1} 闪耀光栅属于体光学部分，光纤准直器、光纤耦合器和掺铒光纤放大器（EDFA，Erbium-Doped Fiber Amplifier）属于光纤光学部分。其中，EDFA 可以发出 C 波段（1530nm~1560nm）自发辐射谱（ASE，Amplified Spontaneous Emission），同时实现放大

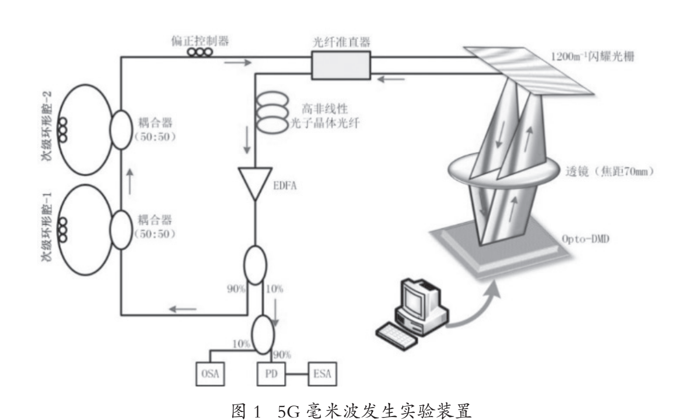


图 1　5G 毫米波发生实验装置

信号的作用；$1200m^{-1}$ 闪耀光栅主要实现光束的复用和解复用；Opto-DMD 通过在其表面像素区域加载不同的寻址电压，对 EDFA 的 ASE 进行双波长的选择；两段不同长度的单模光纤（～1.9 米和～2.1 米）组成的次级环形谐振腔和主环形谐振腔（～12.4 米）利用游标效应实现双波长单纵模的产生；高非线性光子晶体光纤（非线性系数为～$11W^{-1}km^{-1}$，在 1550nm 的平坦色散系数为～1ps/nm/km）利用其四波混频效应，实现稳定均匀的双波长单纵模激光的输出。

2.2　实验原理

在上述实验装置中，如下图 2 所示，稳定的可调谐毫米波发生实验原理主要包括双波长激光的产生、单纵模双波长激光的产生、稳定单纵模双波长激光的产生和毫米波的产生四个阶段（Step1–Step4），其中 Step1—Step3 是个不断循环的过程。

Step1：双波长激光的产生。
EDFA发出的C波段ASE光源照射到闪耀光栅上，不同波长的入射光照射到Opto-DMD的不同像素上，通过计算机软件程序对两个不同像素区域加载寻址电压，灵活实现任意两个波长的选择，此时双波长激光为多纵模激光。

Step2：单纵模双波长激光的产生。
经过Opto-DMD选择的双波长激光在经过复合环形谐振腔时，由于游标效应，双波长激光的纵模模式间间隔会增大，远大于Opto-DMD滤波器带宽。在经过Opto-DMD的再次滤波后，只允许双波长激光的一个模式通过衍射回到环形谐振腔中继续放大，而其他模式则被Opto-DMD过滤掉。

Step3：稳定单纵模双波长激光的产生。
在室温条件下，掺铒光纤的均匀增大效应导致双波长激光不稳定，甚至导致无法产生单纵模激光。在高非线性光子晶体光纤两个简并四波混频过程的作用下，使得Step2产生的双波长单纵模激光变得十分稳定和均匀。

Step4：毫米波的产生。
Step3产生的稳定双波长单纵模激光经过1×2光纤耦合器（功率比为10:90）后，10%的输出功率通过OSA（光谱分析仪）观察光谱，剩余90%的输出功率经过PD（光电探测器）进行拍频可以产生毫米波信号，毫米波信号通过ESA（电信号分析仪）可以观测到。

图 2　5G 毫米波发生实验原理

2.3　单纵模激光的产生（游标效应）

0.55 英寸 Opto-DMD 每一个像素对应的波长变化为 0.055nm，即可以认为 Opto-DMD 滤波器带宽为 55pm（选择一个像素表示二维光栅的宽度情况下）。通过公式（1）可以得到 Opto-DMD 在不同中心波长的滤波器带宽，当中心波长为 1530nm 时，滤波器带宽为 7.05GHz；当中心波长为 1560nm 时，滤波器带宽是 6.78GHz。

$$\Delta f = \frac{c \cdot \Delta\lambda}{\lambda^2} \qquad (1)$$

其中 c 代表光速（3×10^8m/s），λ 为中心波长。

通过游标效应可知，如公式（2）所示，图 1 中所采用的复合环形谐振腔的纵模频率间隔（即自由频谱范围，Free Spectrum Rang，FSR）是主环形腔和两个次级环形腔的 FSR 的最小公倍数。[1]

$$FSR_{复合环形腔} = (FSR_{主环形腔},\ FSR_{次级环形腔1},\ FSR_{次级环形腔2})_{最小公倍数} \qquad (2)$$

如公式（3）所示 FSR 和光纤环形腔的长度成反比：[2]

$$FSR = \frac{c}{nL} \qquad (3)$$

其中 L 为光纤环形腔长度，n 为光纤回路的有效折射，取值 1.4468。

（1）在未加入两个次级环形腔时，本实验装置只有主环形谐振腔，其光纤长度为 42.4 米（含 30 米长的高非线性光子晶体光纤），根据公式（3）可知，$FSR_{主环形腔}$ 为 4.808MHz；

（2）在加入两个次级环形腔时，由于光纤长度分别为 1.9 米和 2.1 米，根据公式（3）可知，$FSR_{次级环形腔1}$ 和 $FSR_{次级环形腔2}$ 分别为 107.56MHz 和 97.31MHz。

根据游标效应，结合公式（2），本实验装置采用的复合环形谐振腔的 $FSR_{复合环形腔}$ 为 41.5GHz，即多纵模模式间间隔远大于 Opto-DMD 滤波器在 1530nm 和 1560nm 出的带宽，所以本实验装置可以产生单纵模激光。

2.4　稳定单纵模双波长激光的产生（四波混频效应）

在室温条件下，EDF（掺铒光纤）均匀增益介质带来的模式竞争导致双波长激光的输出非常不稳定，无法满足后续实验毫米波信号产生的条件。本实验装置采用高非线性光子晶体光纤的四波混频效应（FWM，Four-Wave Mixing），可以将双波长的能量进行重新分配，缩小双波长之间的功率差，最终实现稳定双波长的输出。

假设本实验装置产生的双波长激光的波长分别为 λ_1 和 λ_2，频率为 ω_1 和 ω_2，四波混频效应如公式（4）和公式（5）所示，其中 ω_3 和 ω_4 为新产生的频率。

$$\omega_2+\omega_3=2\omega_1 \qquad (4)$$

$$\omega_1+\omega_4=2\omega_2 \qquad (5)$$

这里假设频率为 ω_1 ～ ω_4 激光对应的功率分别为 P_1 ～ P_4，其中 P_3 和 P_4 为，[3]

$$P_3=\gamma^2L^2P_1^2P_2 \qquad (6)$$

$$P_4=\gamma^2L^2P_2^2P_1 \qquad (7)$$

其中γ代表光纤的非线性系数，L为 FWM 互相作用的长度。

在实验过程中，ω_1 和 ω_2 对应的功率变化为 ΔP_1 和 ΔP_2，其分别来自频率为 ω_2 和 ω_1 激光的功率转移。如公式（4）所示，在稳定双波长产生过程中，频率为 ω_2 的光子湮灭，会生成频率为 ω_3 和 ω_2 的两个光子，且 $\omega_3 \approx \omega_2$。这样随着光子的不断湮灭和产生，[4]

$$\Delta P_2 \approx P_3 = \gamma^2 L^2 P_1^2 P_2 \quad (8)$$

同理，可以推出，

$$\Delta P_1 \approx P_4 = \gamma^2 L^2 P_2^2 P_1 \quad (9)$$

结合公式（8）和（9）可以得知，

$$\Delta P = \Delta P_1 - \Delta P_2 = \gamma^2 L^2 P_1 P_2 (P_2 - P_1) \quad (10)$$

由公式（10）可知，当$\Delta P > 0$时，在 FWM 作用下，频率为ω_2激光的能量就会转移到频率为ω_1的激光；同理，当$\Delta P < 0$时，在 FWM 作用下，频率为ω_1激光的能量就会转移到频率为ω_2的激光。这样，通过高非线性光子晶体光纤带来的 FWM 会有效抑制 EDF 均匀增益带来的模式竞争，使得单纵模双波长激光输出十分稳定，有利于后续高频毫米波的产生。

2.5　光生毫米波的产生（光学外差法）

光生毫米波的方法很多，本文采用光学外差法，将来自同一光源的两个单纵模激光输入到 PD（u2t photonics The Optilab PD-30 GHz）进行拍频，在 ESA（R&S FSV-30 GHz）上可探测到稳定可调谐的高频毫米波。其理论分析具体如下，两个单纵模激光分别为：[5]

$$E_1 = A_0 \cos(\omega_1 t + \varphi_1) \quad (11)$$

$$E_2 = A_0 \cos(\omega_2 t + \varphi_2) \quad (12)$$

其中$\varphi_1 = -(2\pi/\lambda)\Delta L_1 + \varphi_{10}$，$\varphi_2 = -(2\pi/\lambda)\Delta L_2 + \varphi_{20}$，$\Delta L_1$和$\Delta L_2$代表激光的光程差，$\varphi_{10}$和$\varphi_{20}$代表激光的初始相位。当两个单纵模激光在 PD 上拍频时进行叠加，强度可以表示为：

$$\begin{aligned} I &= (E_1+E_2)^2 \\ &= A^2\left[\cos(\omega_1 t+\varphi_1)+\cos(\omega_2 t+\varphi_2)\right]^2 \\ &= A^2\{1+\cos[(\omega_1-\omega_2)t+(\varphi_1-\varphi_2)]+\cos[(\omega_1+\omega_2)t+(\varphi_1+\varphi_2)] \\ &\quad (1/2)\cos(2\omega_1 t+2\varphi_1)+(1/2)\cos(2\omega_2 t+2\varphi_2)\} \end{aligned} \quad (13)$$

和激光频率相比，PD 的响应截止频率非常低，所以在通过 PD 拍频后，入射激光强度只保留差频部分，即 $\omega_1-\omega_2$，即拍频频率，如公式（14）所示：

$$\begin{aligned} I &= A^2\cos[(\omega_1-\omega_2)t+(\varphi_1-\varphi_2)] \\ &= A^2\cos\left[(\omega_1-\omega_2)t+\frac{2\pi}{\lambda}(\Delta L_2-\Delta L_1)+(\varphi_{10}-\varphi_{20})\right] \end{aligned} \quad (14)$$

由于 PD 的响应截止频率非常小，PD 输出的光强度，即光生毫米波信号的强度可以简化为公式（15）：

$$\begin{aligned} I &\approx \frac{A^2}{T}\int_0^T \cos\left[(\omega_1-\omega_2)t+\frac{2\pi}{\lambda}(\Delta L_2-\Delta L_1)+(\varphi_{10}-\varphi_{20})\right]dt \\ &\approx A^2\sin\left[(\omega_1-\omega_2)T+\frac{2\pi}{\lambda}(\Delta L_2-\Delta L_1)+(\varphi_{10}-\varphi_{20})\right] \end{aligned} \quad (15)$$

为保证稳定毫米波信号的发生，必须保证两个输入单纵模激光的相位漂移足够小且稳定，即在本实验装置中，$\varphi_1-\varphi_2=(2\pi/\lambda)(\Delta L_2-\Delta L_1)+(\varphi_{10}-\varphi_{20})$越小越好，由于两个输入激光来自同一光源，可以保证相位漂移足够小；而高非线性光子晶体光纤的引入可以保证相位漂移保持稳定。

3. 实验结果与分析

如表 1 所示，本文所介绍的毫米波发生装置通过在 Opto-DMD 表面加载不同像素间隔（3pixel ~ 20pixel），可以产生不同波长间隔（0.165nm ~ 1.1nm）的单纵模双波长激光，最终可以输出不同频率的毫米波（17.23GHz ~ 137.36GHz）。

表 1 像素间隔、双波长间隔和毫米波频率的对应关系

序号	Opto-DMD 像素间隔（pixel）	双波长间隔（nm）	毫米波频率（GHz）
1	3	0.165	17.23
2	4	0.22	27.47
3	5	0.275	34.3 4
4	6	0.33	41.2 1
5	7	0.385	48.08
6	8	0.44	54.94
7	9	0.495	61.81
8	10	0.55	68.69
9	11	0.605	75.55
10	12	0.66	82.4 1
11	13	0.715	89.28
12	14	0.77	96.15
13	15	0.825	103.2
14	16	0.88	109.89
15	17	0.935	116.75
16	18	0.99	123.62
17	19	1.045	130.49
18	20	1.1	137.36

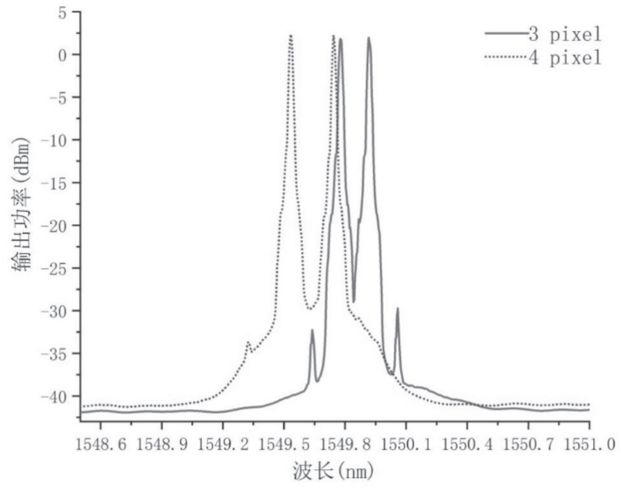


图 3 单纵模双波长激光光谱图（3pixel&4pixel）

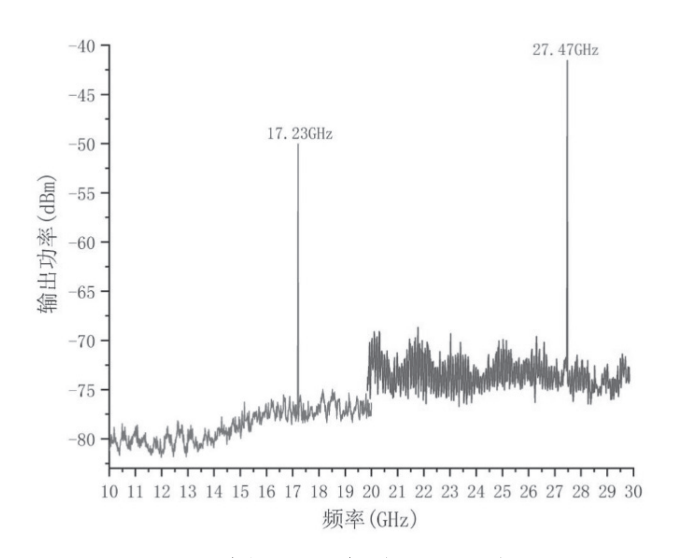


图 4 毫米波信号频谱图（3pixel&4pixel）

由于 PD 和 ESA 的截止频率（30GHz）限制，如图 3 和图 4 所示，本实验只能实际观测到 17.23GHz 和 27.47GHz 的高频微波（对应波长间隔分别为 3pixel 和 4pixel），但是本实验装置有能力产生高达 137.36GHz 的高频毫米波。

4. 毫米波优劣势分析

4.1 毫米波优势

毫米波优势归纳起来主要包括频谱资源丰富、超低时延、波束赋形能力强三个方面。

4.1.1 频谱资源丰富

由香农公式可知，信道带宽的大小直接决定了通信容量和数据传输速率的上限。目前国内广泛使用的基于 sub 6GHz 的 5G 系统可使用的最大带宽只有 100MHz，而毫米波可用的频谱资源非常丰富，如在我国批准采用的 5G 毫米波试验频段 24.75GHz ～ 27.5GHz 和 37GHz ～ 42.5 GHz 上，分别有 2.75GHz 和 5.5GHz 的频谱可以使用，可为运营商构建高达 800MHz 超大带宽系统。5G 毫米波在外场测试情况下（800MHz 带宽），小区下行峰值速率达到～ 10Gbit/s。[6]

4.1.2 超低时延

5G NR 支持多种不同类型的子载波间隔（包括 15KHz、30KHz、60KHz、120KHz 和 240KHz），子载波间隔越大则时隙越短。当子载波间隔为 15KHz 时，对应的时隙长 1ms；当子载波间隔为 240KHz 时，对应时隙长只有 0.0625ms。

5G 移动通信以时隙为单位调度数据，时隙长度越短，意味着移动通信网络在物理层的时延越小。sub 6GHz 目前支持的子载波间隔为 15KHz/30KHz（对应时隙为 1ms/0.5ms），而 5G 毫米波频段可支持子载波间隔为 120KHz（对应时隙长为 0.125ms），毫米波频段带来的时延优势非常明显。

4.1.3 波束赋形能力强

天线尺寸和频率成反比，频率越高，天线尺寸越小。700MHz 对应的天线尺寸为 0.11 米（1/4 波长），而 24.75GHz 对应的天线尺寸仅有 3 毫米，在相同物理空间下可以集成更多的天线单元，有利于实现多流空分复用。

5G 时代，大规模天线阵列是实现波束赋形的基本条件。波束赋形的能力和天线单元的个数成正比，天线单元个数越多，波束越窄，越能集中能量，进而有效抑制干扰，提升覆盖能力，波束赋形效果也越好。

4.2 毫米波劣势

电磁波信号频率越高，空间损耗越大、穿透损耗越高和绕射能力越差。毫米波较高的频段造成其覆盖距离受限、穿越障碍物能力弱，以及容易受到诸多环境因素影响（如大气吸收、雨衰等），这也是长期以来毫米波在移动通信领域发展缓慢的主要原因。

5. 广电 5G 毫米波部署场景建议

如上所述，虽然毫米波覆盖距离较小，但其超大带宽、超低时延和超高容量特性将开启 5G 发展的新阶段，可实现对垂直行业和典型应用场景的赋能，本文以广电 5G 为例进行毫米波部署场景分析。

5.1 “700MHz ＋ 4.9GHz ＋毫米波”低中高频混合组网

从 5G 产业链成熟度和网络部署角度出发，广电 5G 在建网初期，将充分利用 700MHz 频段广覆盖的优势实现全国广域覆盖，所以广电在部署 5G 毫米波网络时，将和中低频段网络有效结合，实现“700MHz ＋ 4.9GHz ＋毫米波”低中高频混合组网。其中 5G 毫米波将部署在高价值区域、人口密集区域和热点区域，如体育场馆、交通枢纽等应用场景。

考虑到 5G 毫米波传播特性，5G 毫米波基站应部署在用户密度高、障碍物少、面积大且空旷的区域。

5.2 高新视频回传应用场景

高新视频回传（如体育赛事的自由视角 / 多视角赛事直播、8K 视频回传和 360 度全景高帧率视频传输等），必然面临着大带宽上行的流量需求，而 5G 毫米波超大上行速率和超低时延的优势，使其可以作为无线回传链路，有效满足高新视频回传对上行速率和时延的需求，为观众提供多样化的观赛体验。

对开放式的高新视频回传场景，5G 毫米波基站部署还应考虑天气环境因素（雨、雪、雾霾等）对毫米波的影响。

5.3 2B 行业应用

5G 毫米波超大带宽、超高速率和超低时延的技术优势，可以有效拓展广电 5G 毫米波在垂直行业的应用领域，如制造业、公共文化服务建设和社会管理能力提升等。

广电 5G 应坚持差异化发展策略，充分发挥广播电视和网络视听的平台和网络优势，探索广电 5G 毫米波在垂直行业的新应用。

6. 结论

和其他光生毫米波装置相比较，本文提出的基于 Opto-DMD 新型光生毫米波装置操作简单，不需要移动装置中任何模块，通过软件控制 Opto-DMD 即可产生可调谐光生毫米波信号，在 5G 和其他光通信领域具有较大的应用潜力。由于整个实验装置体积较大，不利于实际应用场景部署，将实验装置中的体光学部分集成化也是未来研究的一个方向。

2021 年是 5G 技术加速普及的一年，毫米波对 5G 技术发展至关重要，在国内 5G 中低频段（sub 6GHzHz）产业链快速发展基础上，随着 5G 渗透率的提高，国内运营商正积极探索毫米波的应用场景，进一步促进 5G 毫米波技术和产业的发展和成熟。5G 商用落地应用将逐渐从以中低频为主，向“中低频 + 毫米波”并行的模式转变，进而推动 5G 向超高速率、超低时延的方向发展，为用户带来全新的 5G 极致体验。媒

参考文献

[1] 张艳，陈伟，任民等 . 稳定可调谐的单纵模多环形腔掺铒光纤激光器 [J]. 光学学报，2008 （3）：507-511.

[2] Lee C.C.，Chen Y.K，Liaw S.K. 等 .Single-longitudinal-mode fiber laser with a passive multiple-ring cavity and its application for video transmission[J].Opt. Letters，1998（5）：358-360.

[3] Liu X.M.，Zhou X.Q.，Lu C.，Four-wave mixing assisted stability enhancement：theory，experiment，and application[J].Opt. Letters.，2005（17）：2257-2259.

[4] 彭磊 . 基于光电超大规模集成电路处理器的可调谐光纤激光器的研究与实现 [D]. 北京：北京邮电大学，2012.

[5] 汤俊雄 . 光拍频和干涉现象 [J]. 大学物理，1990（7）：10-12.

[6] 张忠皓，李福昌，高帅等 .5G 毫米波关键技术研究和发展建议 [J]. 移动通信，2019（9）：18-23.

作者简介：王涛（1987-），男，山西运城，工程师，信息网络设计研究所（广电 5G 研究中心）主任助理，研究方向：无线接入网、广播电视工程；张健（1982-），男，江苏盐城，高级工程师，信息网络设计研究所（广电 5G 研究中心）副所长、副主任，研究方向：移动通信系统、广播电视工程。

（责任编辑：陈旭管）

（上接第127页）

进一步发布新闻信息，充分提升新闻的舆论引导水平，有效满足受众对新闻信息的需要。

3.7 改变营销技能

伴随媒介融合时代的来临，新闻信息量飞速上涨，各种各样的信息会让受众的关注点变得愈发模糊，如何才能吸引受众的注意力，这是媒体获得可持续发展的重点。新闻编辑人员需要了解受众的关注点，和媒体品牌互相合作来更好地营销产品，唯有受众全面关注新闻，才能提高媒体的社会影响力。现如今，新闻编辑人员除了要保证信息的有效性以及真实性，还需要熟练掌握相关信息技术，如此才可以提高自身的整体素质以及能力，以更好地保障新闻信息的综合水平。

结语

总而言之，媒介融合时代的来临，使得新闻在公众的日常生活中占有重要地位。移动互联网的广泛普及，持续扩大了新闻价值以及新闻影响力。面对全新的变化以及形势，新闻编辑人员要与时俱进，对自身的角色进行重新定位，重新审视自己的核心价值，发现以及反思自身存在的缺陷，并且将实际情况结合起来充实自我，为自身工作的优化打下良好的基础。媒

参考文献

[1] 沈立 . 新媒体时代电视新闻采编工作模式构建探析 [J]. 新媒体研究，2017（5）：147-148.

[2] 吕磊 . 探析新媒体环境下广播电视台新闻编辑工作的多样化 [J]. 新闻研究导刊，2017（10）：113-113.

[3] 吴军 . 媒体融合时代电视新闻采编工作的创新途径 [J]. 名城绘，2020（1）：0592-0592.

[4] 要春丽 . 试论媒体融合时代广播电视新闻采编工作的创新途径与方法 [J]. 新闻传播，2017（9）：109，111.

[5] 王健敏 . 数字时代新闻编辑工作的主要特点 [J]. 新闻研究导刊，2017（10）：209-209.

[6] 孙沛丽 . 加强基层广播电视台新闻采编工作的思考 [J]. 西部广播电视，2017（3）：154+156.

[7] 柴桂荣 . 新媒体时代电视新闻编辑工作中融合与创新 [J]. 中国传媒科技，2020（1）：97-99.

[8] 李可可 . 报纸新闻编辑工作特点与素养提升思考 [J]. 传播力研究，2018（11）：160-160.

[9] 臧晓姝 . 浅析报社新闻编辑工作如何应对媒体融合时代的挑战 [J]. 传播力研究，2018（19）：104-104.

[10] 邹媛媛 . 报纸新闻编辑工作特点与素养提升思考 [J]. 科技传播，2016（10）：63-64.

作者简介：甘晓喻（1972-），女，四川会理县，编辑，研究方向：新闻采访、栏目策划采写、文字编辑。

（责任编辑：胡杨）